

РЕЗОНАНСНІ ПРОЦЕСИ В СИСТЕМІ “ОБМОТКИ – ІЗОЛЯЦІЯ” ТРИФАЗНОГО ТРАНСФОРМАТОРА ЗІ СХЕМОЮ З’ЄДНАННЯ ОБМОТОК $\Upsilon/\Upsilon^{\circ}$ В АВАРІЙНОМУ РЕЖИМІ ЙОГО РОБОТИ

© Никонець Л.О., Федів Є.І., Молнар М.М., Бучковський Р.В., 2008

Перегорання запобіжників, через які трансформатор приєднується до мережі, у разі, коли частота коливань вільної складової внутрішніх перенапруг мережі збігається з резонансною частотою трансформатора, може призвести до його пошкодження. Оскільки наслідки перегорання запобіжника та пошкодження трансформатора непорівняльні, пропонується встановлювати розрядники після запобіжників, безпосередньо на виводах обмотки ВН трансформатора. Як варіант можливе встановлення обмежувачів перенапруг до запобіжника, а вентильних розрядників – після нього.

Safety devices fusion through which the transformer is joined to the network, when the vibrations frequency of internal overstrains free constituent of network coincides with resonance frequency of transformer, can result in its damage. As the consequences of safety device fusion and damage of transformer not are comparative, it is suggested to set spark-gaps after safety devices directly on the conclusions of puttee of HV transformer. Another possible variant is to establish the terminators of overstrains to the safety device, and valves spark-gap – after him.

Постановка проблеми. Підвищення експлуатаційної надійності електрообладнання вимагає поглибленого вивчення реальних умов їх роботи і, зокрема, усіх видів навантажень на ізоляцію.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У [1] експериментально встановлена наявність взаємних впливів електричних та магнітних процесів в конструкції електрообладнання з обмотками високої напруги. Вперше встановлена можливість виникнення ферорезонансних (резонансних) перенапруг, обумовлених збудженням магнітного потоку струмами витоку в ізоляції за дії на електрообладнання внутрішніх перенапруг мережі.

Задача досліджень. Метою статті є визначення особливостей прояву вищезгаданого явища стосовно поширених в мережах 6–35 кВ силових трансформаторів зі схемою з’єднання обмоток $\Upsilon/\Upsilon^{\circ}$ в післяаварійному режимі їх роботи.

Виклад основного матеріалу дослідження. Методологія будь-якого дослідження повинна бути адекватна суті проблеми. Враховуючи сформульовані задачі, як основний вибраний експериментальний метод дослідження частотних характеристик системи “обмотка – ізоляція” — трифазного трансформатора 20 кВ/0,4 кВ, потужністю 20 кВА зі схемою обмоток $\Upsilon/\Upsilon^{\circ}$, виготовленого VEB Transformatoren U.Röngenwerk Dresden в 1959 році.

Додатково, для зручності експерименту, на кришку бака виведено “нуль” обмотки ВН. Як джерело живлення, що імітує вплив частоти вільної складової внутрішніх перенапруг мережі на обладнання, використовувався генератор низькочастотних сигналів ГЗ-109.

У розподільних мережах вентильні розрядники або обмежувачі перенапруг встановлюють перед високовольтними запобіжниками, через які живиться трансформатор [2]. Інакше можливе перегорання запобіжника внаслідок протікання імпульсних струмів розрядника. Отже, у разі спрацювання запобіжників в одній чи двох фазах деякий час (до заміни запобіжників) трансформатор залишається в неповнофазному режимі підімкнення до мережі, а виводи відповідних фаз обмотки ВН залишаються без захисту розрядниками.

Якщо під час неповнофазного живлення трансформатора в мережі виникають перенапруги (наприклад, внаслідок однофазного замикання на землю), то ізоляція незахищеної розрядником обмотки може бути пошкоджена.

На рис. 1 показана функція передавання трансформатора з уземленою нейтраллю обмотки НН для випадку перегорання запобіжників у крайніх фазах обмотки ВН (до мережі підімкнена тільки фаза "В" трансформатора).

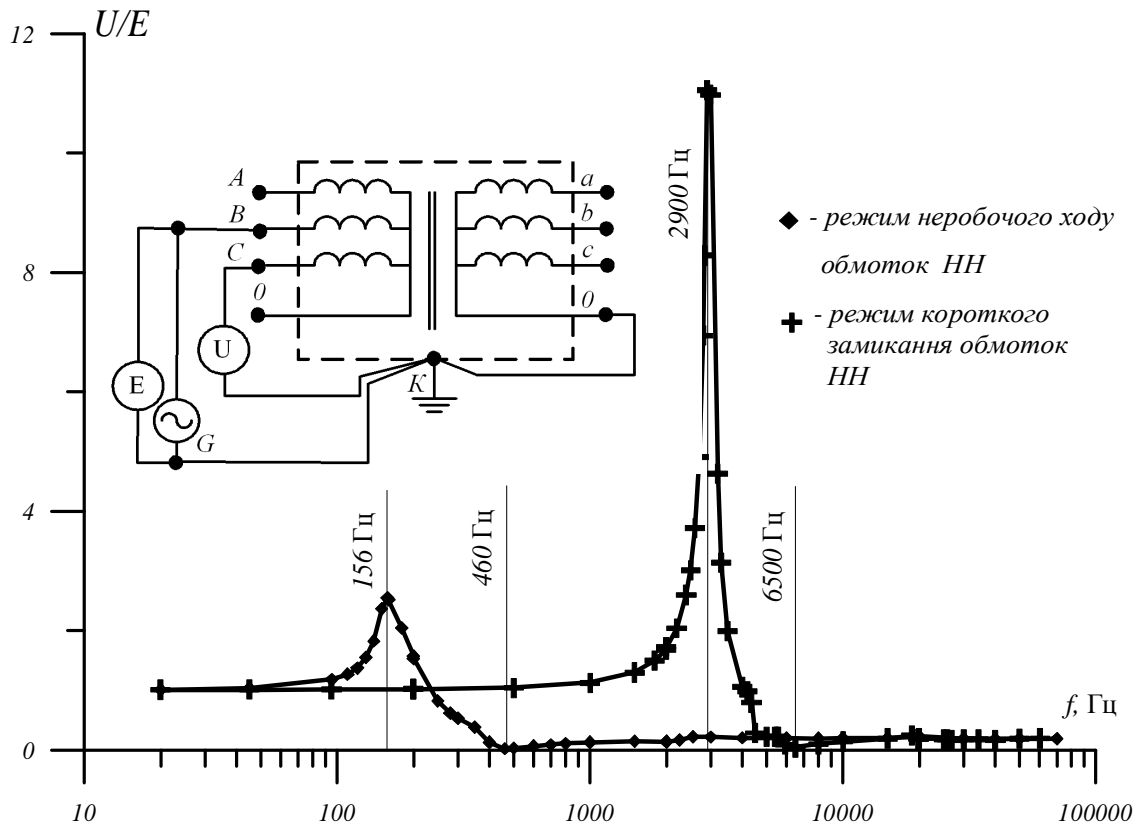


Рис. 1. Функція передавання за напругою трансформатора у разі перегорання запобіжників у крайніх фазах обмотки ВН

У разі виникнення в мережі вільної складової внутрішніх перенапруг з частотою $f_1=156$ Гц кратність перенапруг на виводах фаз "А" та "С" становить 2,55, що небезпечно для головної ізоляції трансформатора, а напруга кратністю $(2,55-1)$ буде прикладена до його повздовжньої ізоляції. За частоти $f_2 = 460$ Гц вся вільна складова перенапруг мережі діятиме на повздовжню ізоляцію трансформатора, а повздовжня ізоляція трансформаторів ніколи не перевіряється на вплив внутрішніх перенапруг [3]. Наведене вище стосується режиму неробочого ходу трансформатора.

В іншому крайньому випадку – короткому замиканні обмоток НН (причина перегорання запобіжників у фазах "А" та "С" обмотки ВН), резонансні частоти становлять $f_1 = 2900$ Гц та $f_2 = 6500$ Гц, а кратність перенапруг досягає 11,1 (рис. 1).

Отже, зона небезпечних резонансних частот залежно від навантаження обмотки НН трансформатора становить 156–2900 Гц.

З частотних характеристик трансформатора (рис. 2) зрозуміло, що за частот 156 та 2900 Гц залежно від навантаження обмотки НН спостерігається резонанс напруг, а за частот 280 та 4500 Гц – настає резонанс струмів.

У разі перегорання запобіжника тільки в фазі "С" обмотки ВН можливі два варіанти замикання в мережі відбулося на фазі "А", чи замикання відбулося на фазі "С". У першому випадку, для режиму неробочого ходу трансформатора, функції передавання за напругою показані на рис. 3. Значення $U_3 \cdot k_T$ ($k_T = 50$ – коефіцієнт трансформації) відображають величину напруги на повздовж-

ній ізоляції фази "В" обмотки ВН трансформатора. Як зрозуміло з рис. 3, на частоті 17700 Гц напруга $U_3 \cdot 50$ в 1,26 раза більша за значення прикладеної до трансформатора перенапруги.

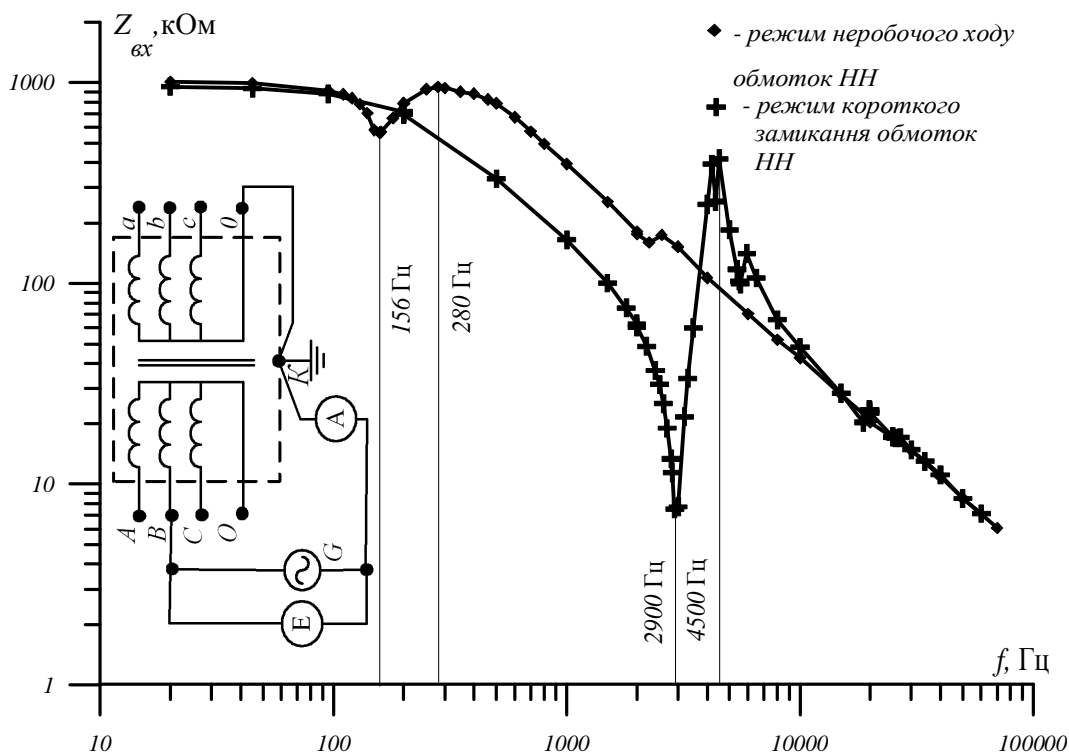


Рис. 2. Частотні характеристики трансформатора у разі перегорання запобіжників у крайніх фазах обмотки ВН

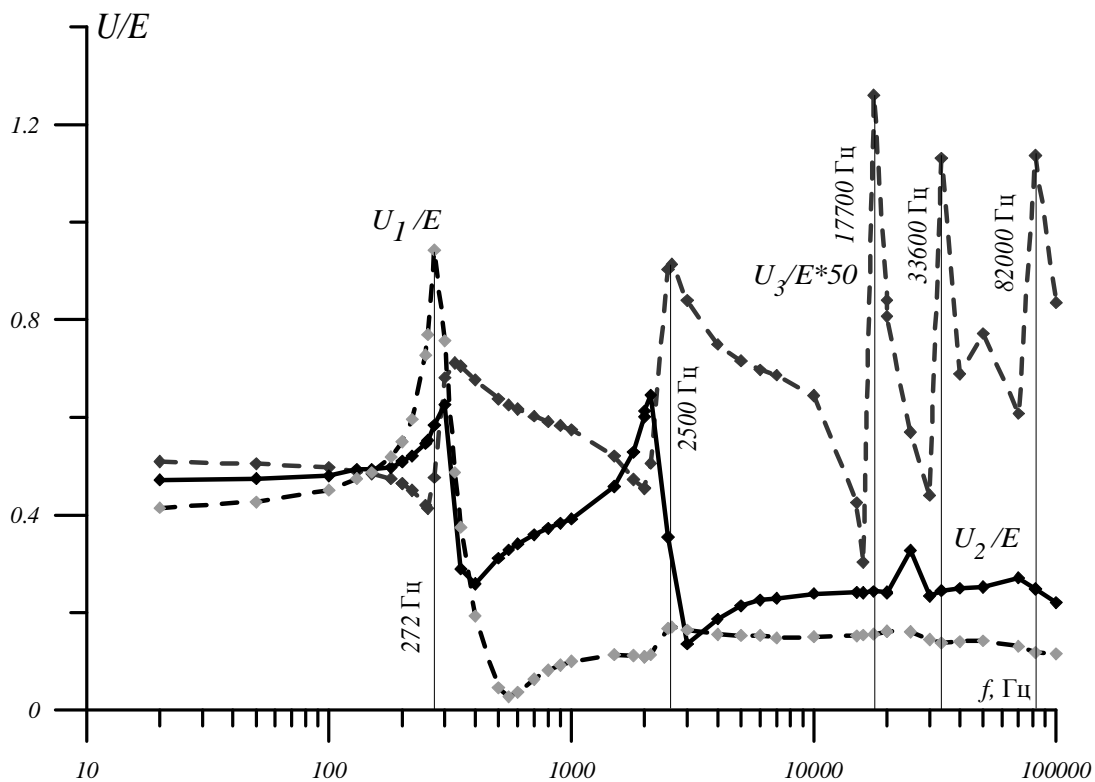


Рис. 3. Функція передавання за напругою трансформатора в режимі неробочого ходу обмотки НН у разі перегорання запобіжника в фазі "С" та однофазному замиканні фази "А"

Максимальне значення перенапруги на відімкненій фазі “С” обмотки ВН спостерігається за частоти 272 Гц, що відповідає умові резонансу струмів живлення (рис. 4).

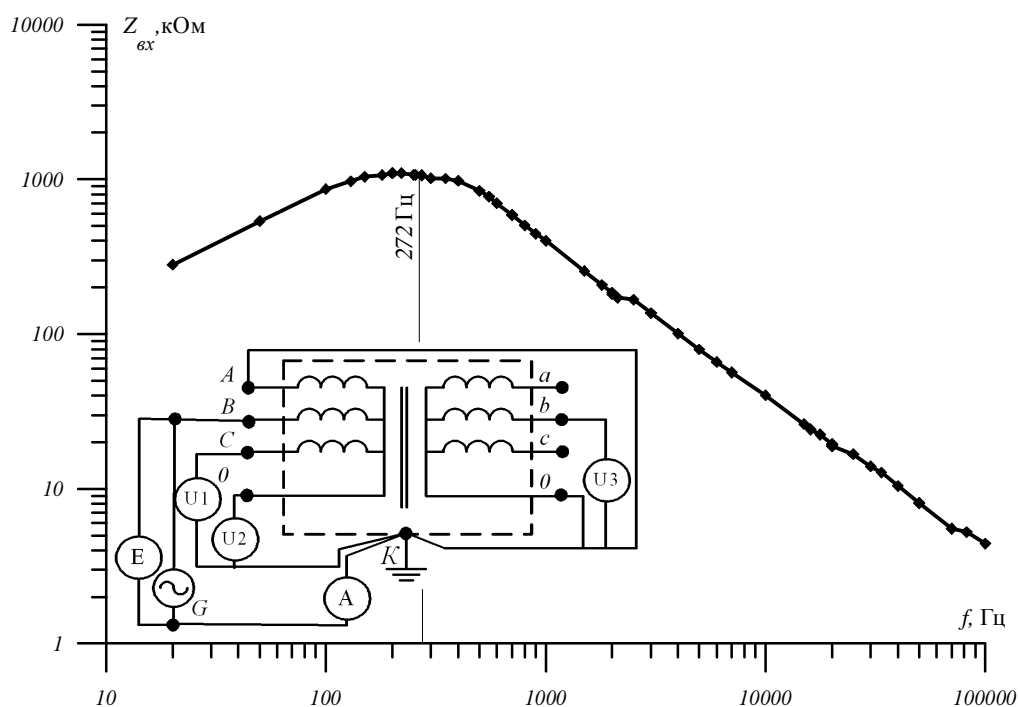


Рис. 4. Частотні характеристики трансформатора в режимі неробочого ходу обмотки НН у разі перегорання запобіжника в фазі “С” та однофазному замиканні фази “А”

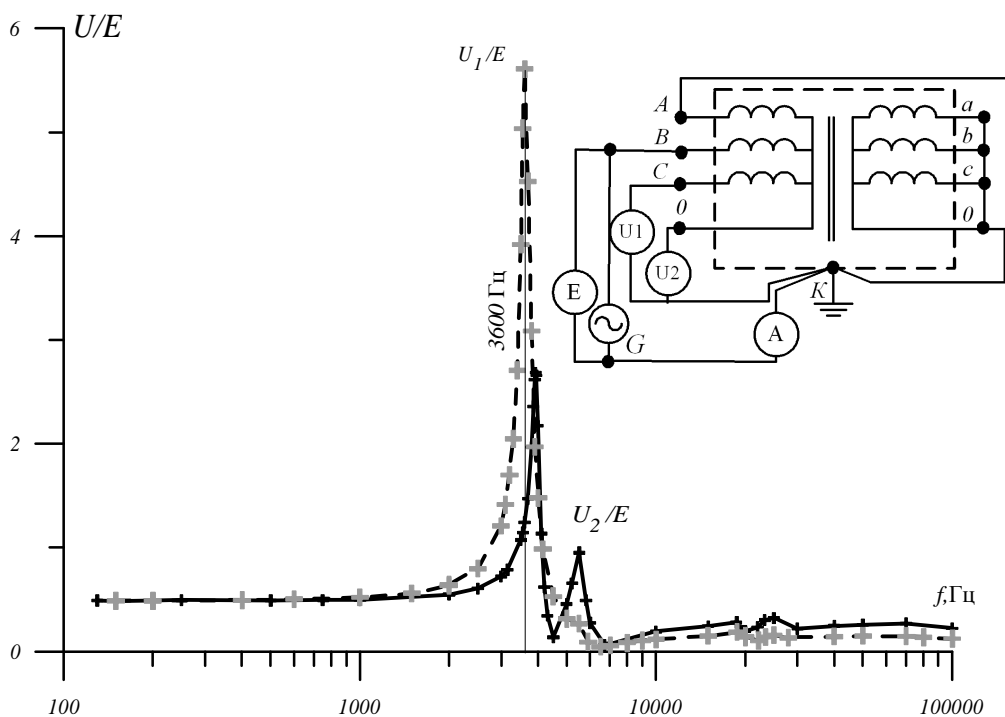


Рис. 5. Функція передавання за напругою трансформатора в режимі трифазного замикання обмотки НН у разі перегорання запобіжника в фазі “С” та однофазному замиканні фази “А”

Значно небезпечнішим виявився режим трифазного короткого замикання обмотки НН (рис. 5, 6). Кратність перенапруг в розімкненій фазі “С” досягла 5,61 на частоті 3600 Гц, що також

відповідає умові резонансу струмів живлення (рис. 6). Кратність перенапруг в нейтралі обмотки ВН за частоти 3900 Гц досягла значення 2,68.

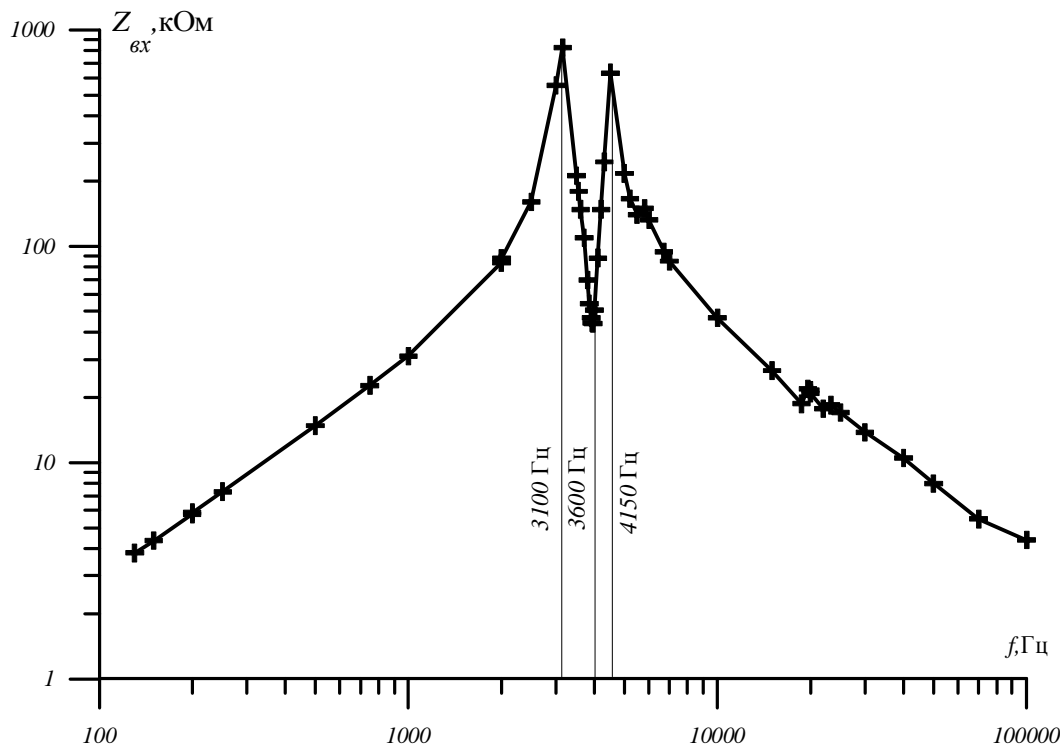


Рис. 6. Частотні характеристики трансформатора в режимі трифазного замикання обмотки НН у разі перегорання запобіжника в фазі "С" та однофазному замиканні фази "А"

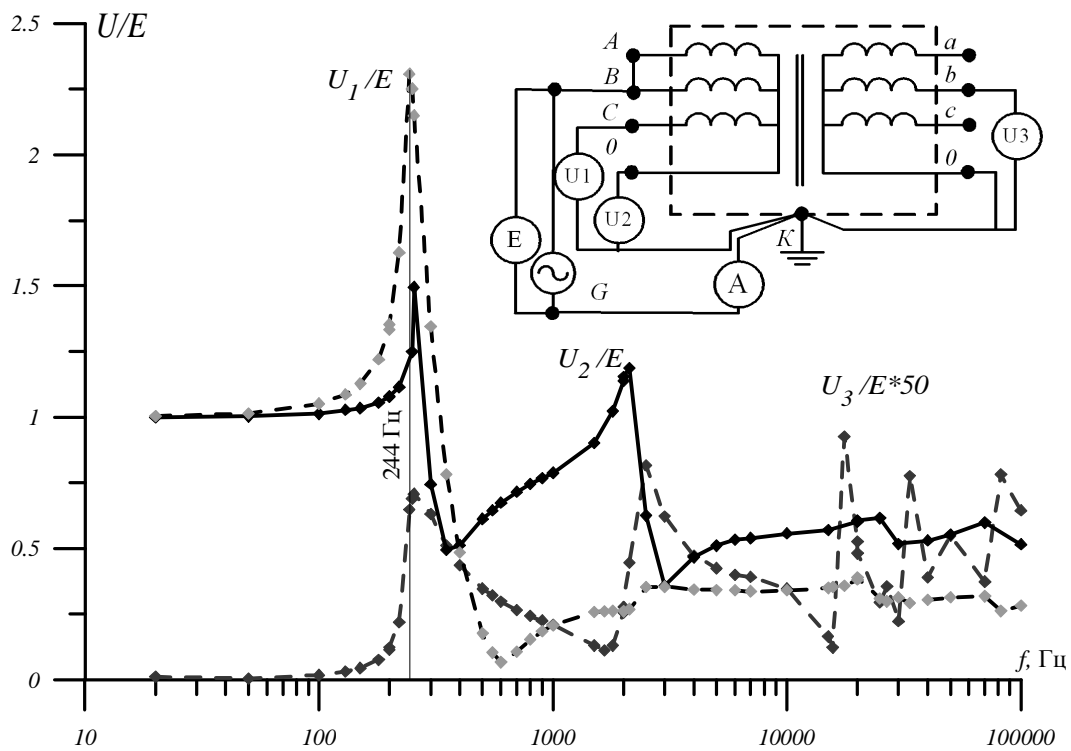


Рис. 7. Функція передавання за напругою трансформатора в режимі неробочого ходу обмотки НН та короткому замиканні фази "С" обмотки ВН

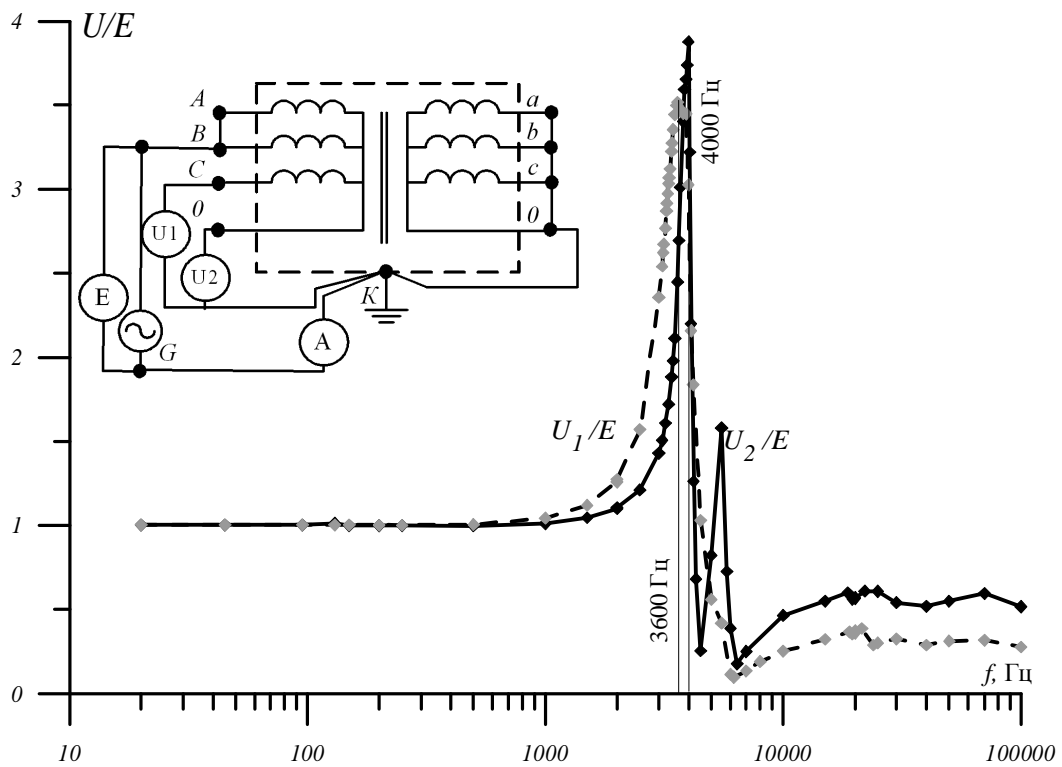


Рис. 8. Функція передавання трансформатора в режимі трифазного замикання обмотки НН та короткому замиканні фази "С" обмотки ВН

Зовсім по-іншому відбуваються процеси у разі замикання в мережі на фазі "С". У режимі холостого ходу трансформатора кратність перенапруг на розімкненій фазі "С" за частоти 272 Гц досягає значення 2,66 (рис. 7), а для режиму короткого трифазного замикання обмотки НН – 4,89 на частоті 3600 Гц (рис. 8). Відповідні частотні характеристики трансформатора показані на рис. 9.

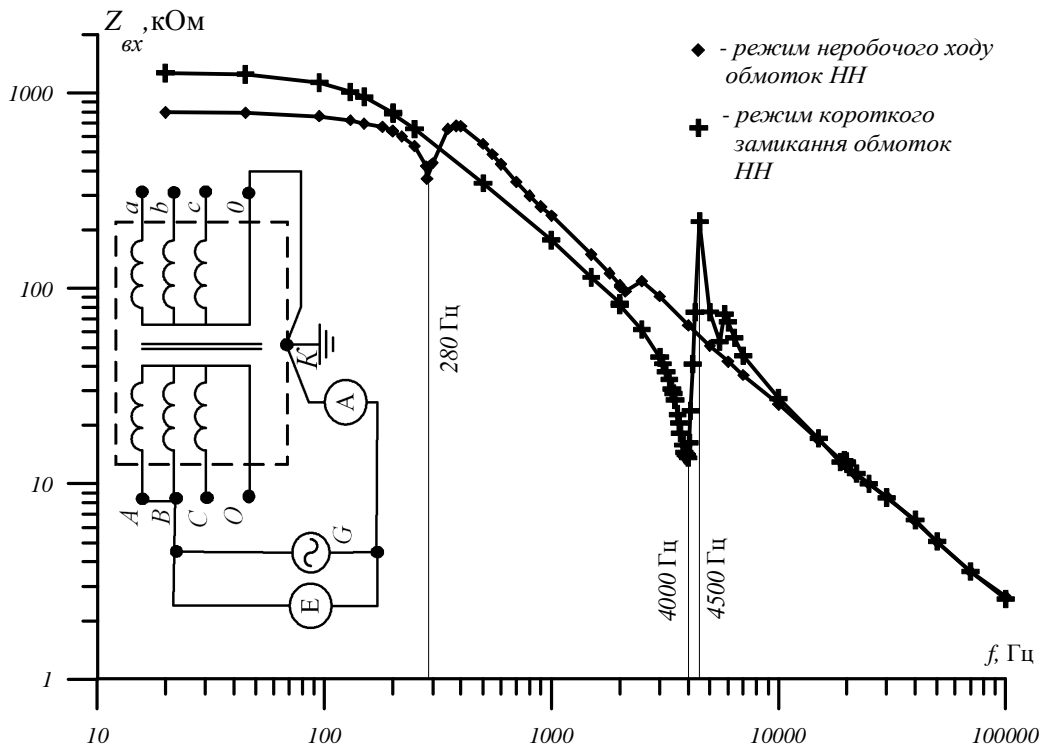


Рис. 9. Частотні характеристики трансформатора за різних навантажень обмотки НН та короткому замиканні фази "С" обмотки ВН

Висновки. 1. Перегоряння запобіжників, через які трансформатор приєднується до мережі, у разі, коли частота коливань вільної складової внутрішніх перенапруг мережі збігається з резонансною частотою трансформатора, може призвести до його пошкодження.

2. Для захисту трансформатора від перенапруг запропоновано встановлення розрядників після запобіжників, безпосередньо на виводах обмотки ВН трансформатора.

3. Як варіант можливо встановлення обмежувачів перенапруг до запобіжника, а вентиляльних розрядників – після. У такому разі пробивні напруги розрядників повинні бути більшими, ніж залишкові напруги обмежувачів за розрахункового значення імпульсного струму обмежувача напруги.

1. *Никонець Л.О., Бубряк А.Е., Березюк І.М., Іванців Р.Б. Робота внутрішньої ізоляції при аварійних режимах трансформатора напруги НОМ-10 // Новини енергетики. – 2007. – № 7. – С. 32–33.* 2. *Долгинов А.И, Перенапряжения в электрических системах. – М.-Л.: Госэнергоиздат, 1962. – 512 с.* 3. *Сапожников А.В. Уровни изоляции электрооборудования высокого напряжения. – М.: Энергия, 1969. – 268 с.*

УДК 535.36

Р.А. Пеленський

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра ТЗЕ

ЕЛЕМЕНТИ ТЕОРІЇ НАНОМАГНЕТИЗМУ

О Пеленський Р.А., 2008

Розглянено питання утворення магнітних полів у наносередовищах. Розкрито механізми утворення і функціонування подвійних шарів магнітних зарядів у приповерхневих шарах наноплівки та їх значення у створенні інформаційної системи наноплівкових структур.

Issues of the formation of magnetic fields in the magnetic nanomedia have been examined. Mechanisms of the formation and functioning of the double layers of the magnetic charges in the pre-surface layers of nanofilms as well as their role in the creation of the information system of nanofilms structures have been revealed.

Постановка проблеми. Вивчення виняткових електромагнітних явищ у наноплівкових середовищах є надзвичайно актуальним. Це основа, на якій розбудовується нанонаука, яка повинна відтворювати обертальні властивості матерії, вплив розривів атомних зв'язків на поверхні середовищ на їхні характеристики. Ці збурювачі спітронного континууму є причиною утворення магнітних полів у приповерхневих областях наноплівки.

Аналіз останніх досліджень. Сьогодні процеси у вузьких приповерхневих областях розглядаються винятково на основі теорії обмінних взаємодій. Розроблені математичні моделі процесів у доменних стінках є надзвичайно громіздкими. Через це практичне їх застосування в цілях розрахунку конкретних структур є дуже проблематичним.

Задачі досліджень. Вивчення можливостей зображення доменних стінок як подвійних шарів магнітних зарядів і дослідження в них різноманітних процесів на основі апарата теорії магнітних кіл, дослідження хвильових процесів у доменних стінках та обґрунтування явища гігантського магнітного опору.